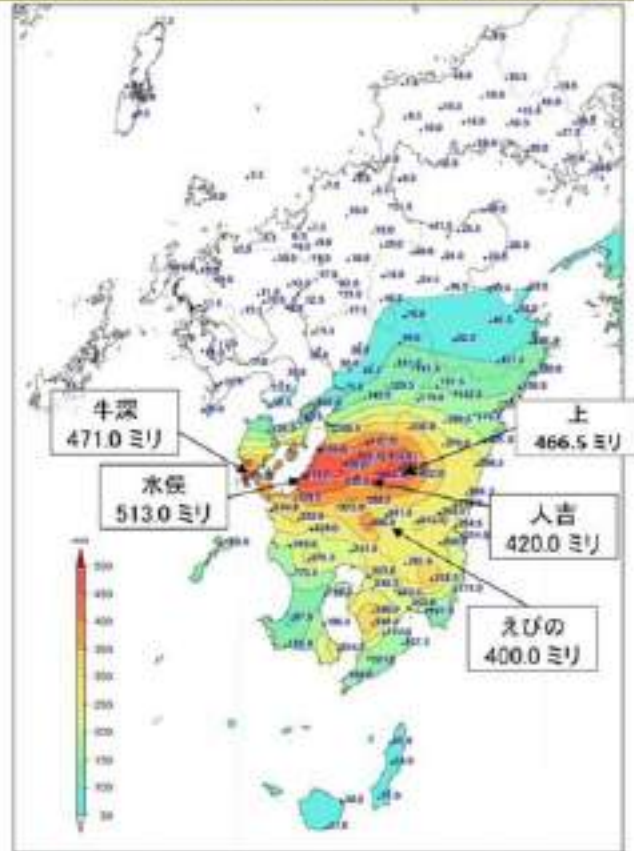


球磨川の水害と流域治水

熊本県立大学

特別教授 島谷幸宏

○7月3日夜には梅雨前線が九州北部地方まで北上、低気圧や前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込み、九州では大気の状態が非常に不安定となり、7月3日から7月4日の2日間の雨量は7月の平均雨量を観測する大雨となった。

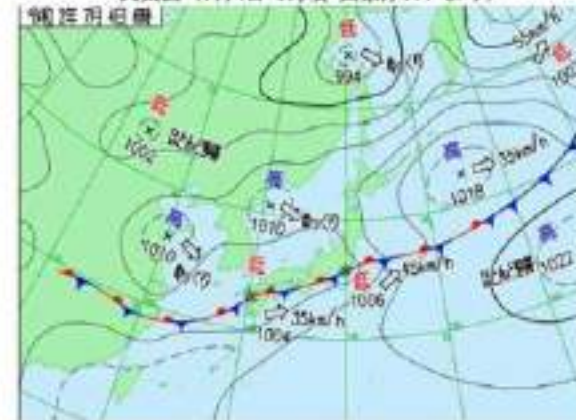


(福岡管区気象台HP 「災害時気象資料 -令和2年7月3日から4日にかけての熊本県・鹿児島県の大雨について-」の資料より抜粋及び一部加筆)

雨量観測所	7月平均値	7/3 0時~7/4 24時	
	雨量 (mm)	雨量 (mm)	平年比
人吉(気)	471.4	420.0	0.89
上(気)	485.0	466.5	0.96
えびの(気)	798.0	400.0	0.50
水俣(気)	403.6	513.0	1.27
牛深(気)	309.7	471.0	1.52

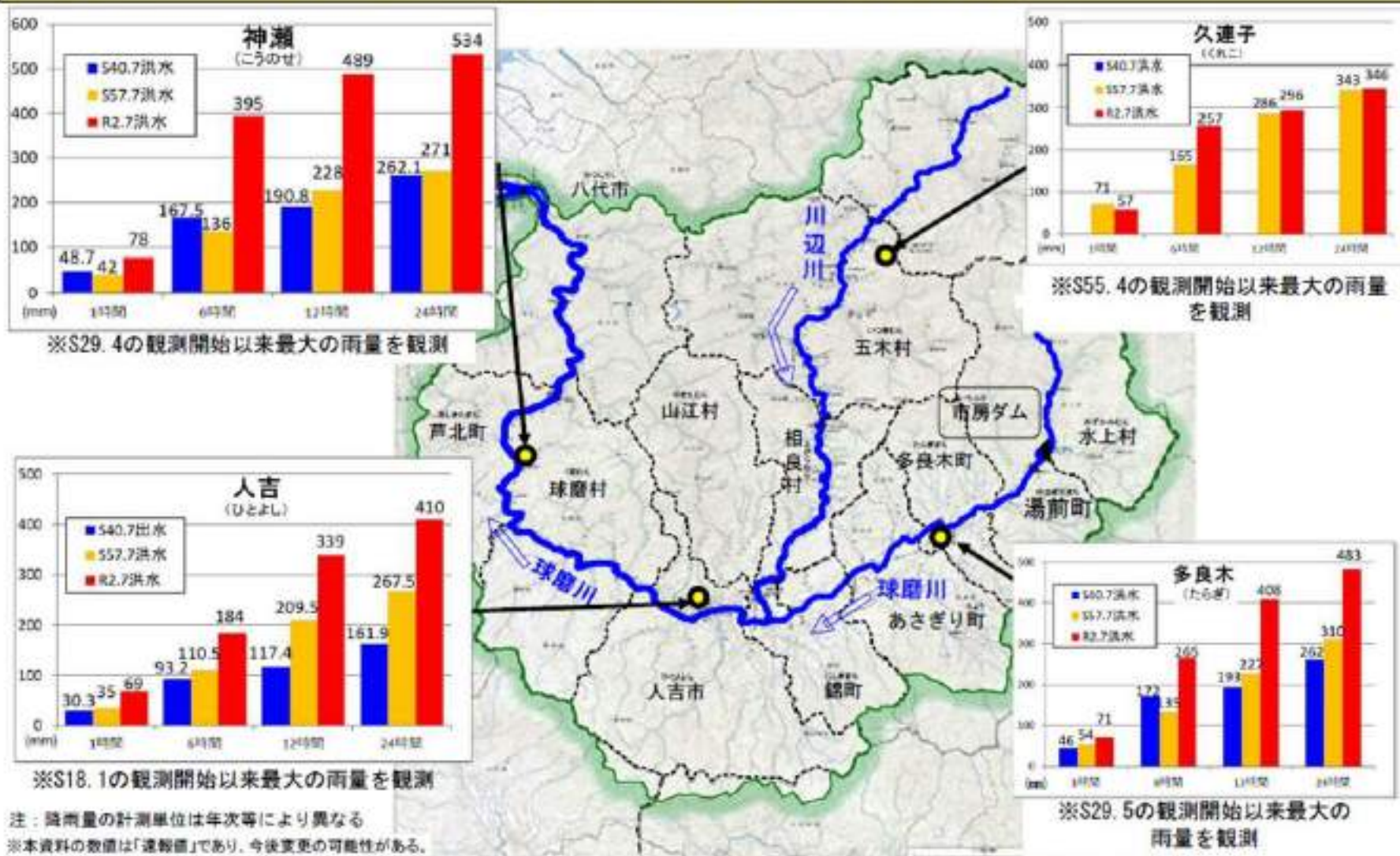
(気象庁HP 各種データ・資料を参考に作成)

天気図(7月4日 6時頃 気象庁HPより)

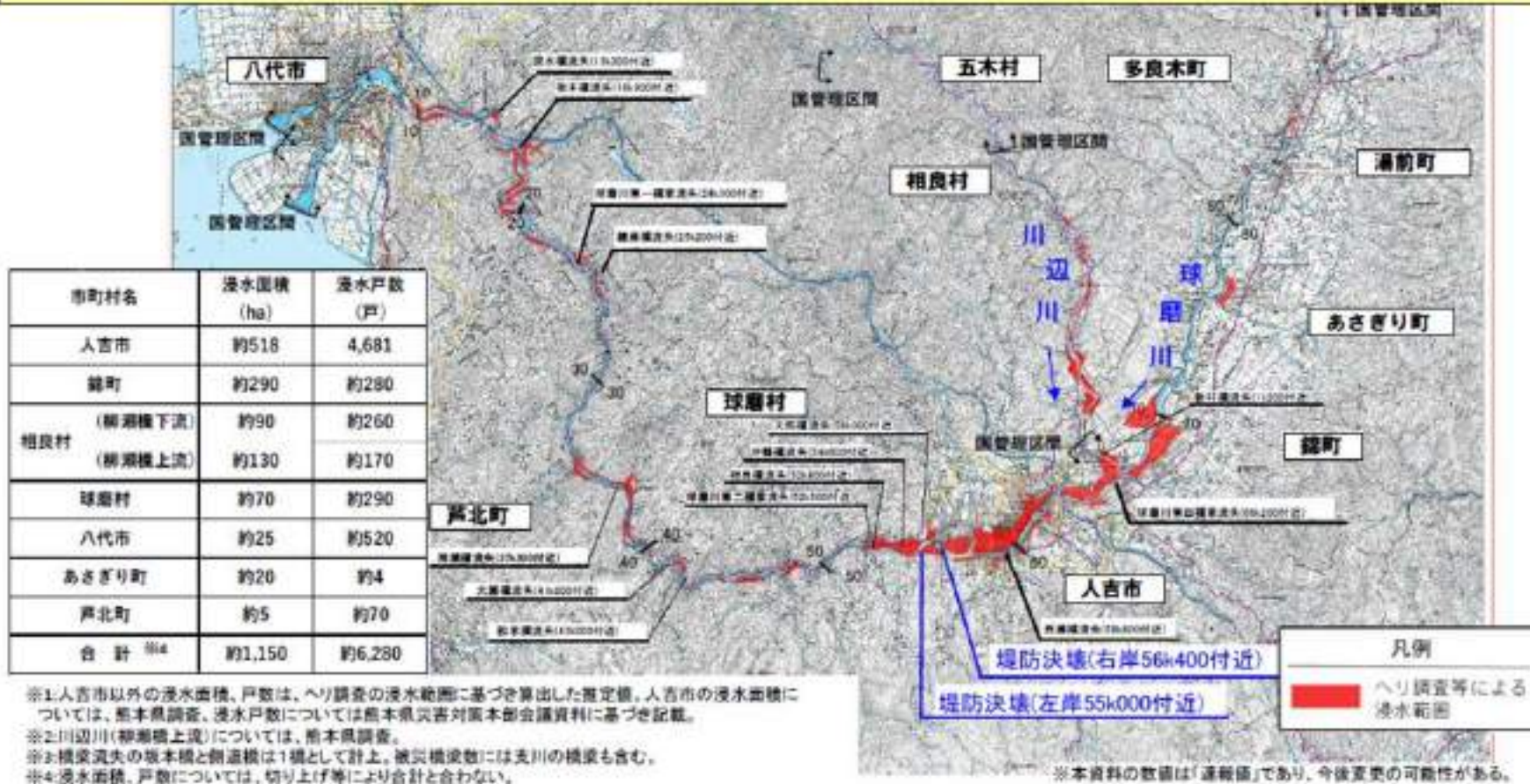


※本資料の数値は「観測値」であり、今後変更の可能性がある。

○球磨川本川の中流部から上流部及び最大支川の川辺川の各雨量観測所における降雨量は、6時間雨量、12時間雨量及び24時間雨量において、戦後最大の洪水被害をもたらした昭和40年7月洪水や昭和57年7月洪水を上回る降雨を記録した。



- 球磨川本川上流域の被害は比較的少ないが、支川川辺川合流点付近から球磨川中流部では至る所で浸水被害や家屋倒壊が発生し、約1,020ha・約6,110戸※1の浸水被害を確認した。
- 支川川辺川においても、約130ha・約170戸(柳瀬橋上流)※2の浸水被害が発生している。
- 球磨川本川で2箇所(右岸56k000付近、左岸55k000付近)の堤防決壊が発生し、橋梁17橋※3の流失など国道や鉄道などの甚大な被害も発生している。



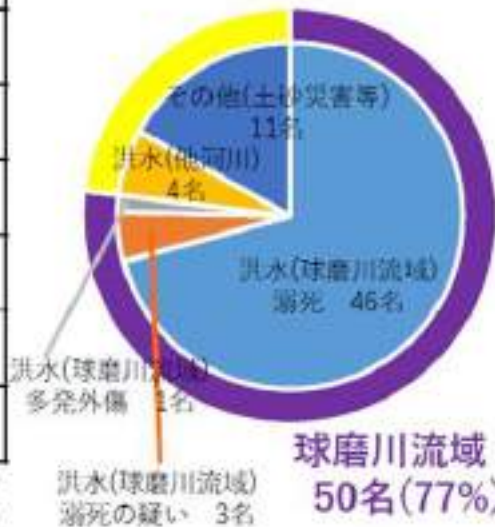
- 令和2年7月豪雨による県内の犠牲者は65名。その内、球磨川流域の犠牲者は50名と推測され、全体の77%を占める。
- 死因は、49名が溺死(疑いも含む)、1名が多発外傷。
- 市町村別では、球磨村が最も多く25名。人吉市が20名。
- 犠牲者は、65歳以上の高齢者が86%。また、75歳以上の高齢者が70%(35名)。

市町村別犠牲者数

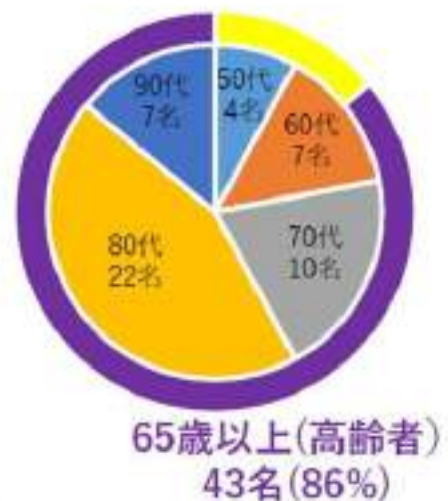
	全体	うち 球磨川流域
球磨村	25	25
人吉市	20	20
芦北町	11	1
八代市	4	4
津奈木町	3	0
山鹿市	2	0
合計	65	50

※犠牲者数については、熊本県災害対策本部会議資料(熊本県警察本部提供資料)を基に記載。
 ※球磨川流域の犠牲者数については、熊本県災害対策本部資料(熊本県警察本部提供資料)の「住所」と「死因」等から推測

犠牲者(全体65名)
内訳



犠牲者(球磨川流域50名)
年齢構成



65歳以上(高齢者)
43名(86%)

※被害内容については、今後、変わる可能性があります。

流域治水

- 流域

 - 集水域

 - 流域圏

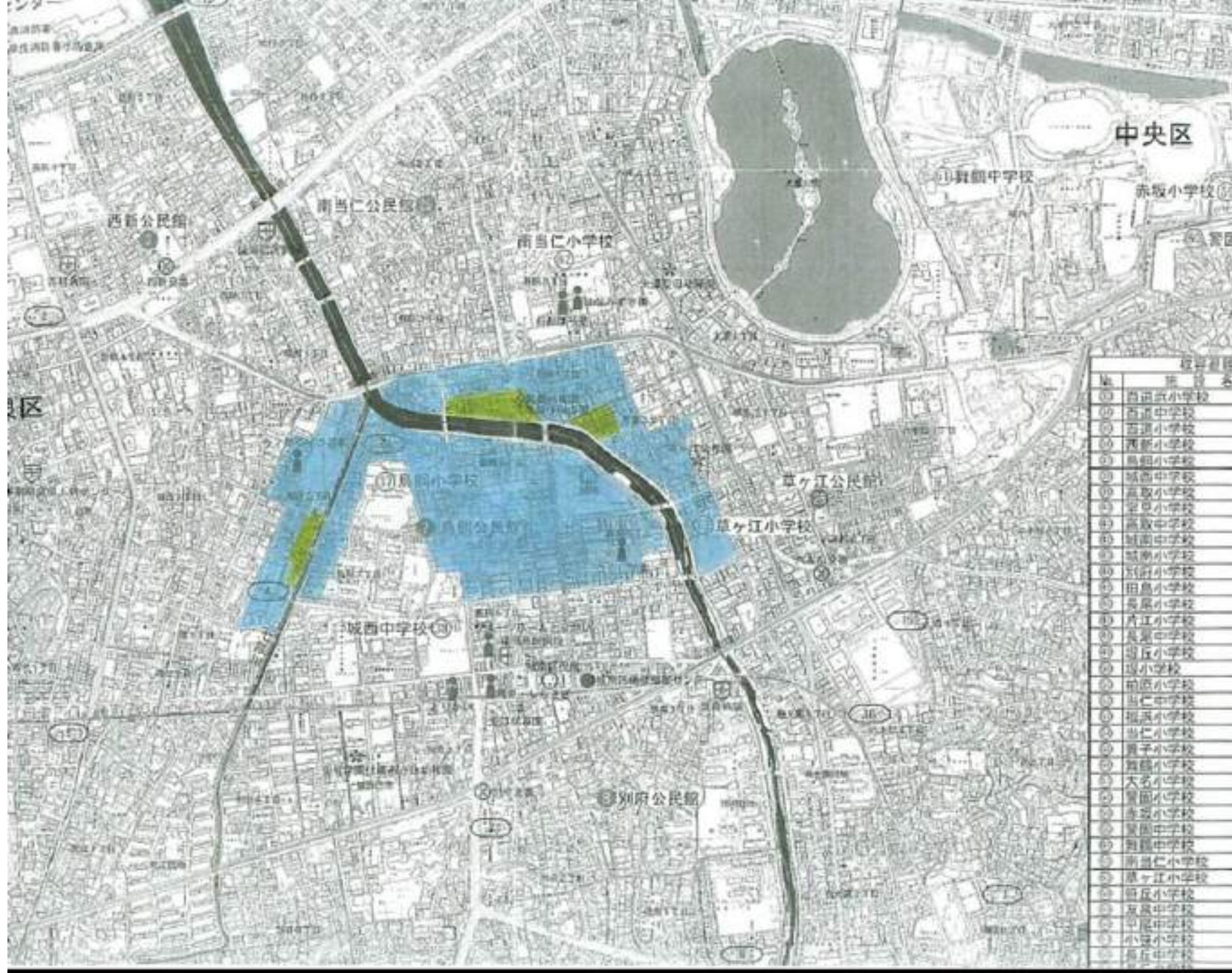
 - 氾濫域、配水域

- 治水

 - 治水：洪水防衛

 - 利水：用水、舟運、発電

 - 環境：人間が主体でないものが含まれる



中央区

校番号	校名
01	西通武小学校
02	西通中学校
03	西通小学校
04	西新小学校
05	島細小学校
06	城西中学校
07	高取小学校
08	堂原小学校
09	高取中学校
10	城西中学校
11	城南小学校
12	京町小学校
13	田島小学校
14	島尾小学校
15	片江小学校
16	長瀬中学校
17	湯江小学校
18	湯江小学校
19	南原小学校
20	当仁中学校
21	堀浜小学校
22	当仁小学校
23	真子小学校
24	舞鶴小学校
25	大名小学校
26	寶田小学校
27	赤坂小学校
28	寶田中学校
29	舞鶴中学校
30	南当仁小学校
31	草ヶ江小学校
32	堀江小学校
33	友成中学校
34	中尾中学校
35	小塚小学校
36	高江中学校

樋井川流域治水市民会議





地元の人も持論展開

毎回100名程度の参



流域治水とは

樋井川流域治水に関する市民提言（2010）

流域全体で取り組む治水のことです。河道改修と下水道整備だけにとどまらず、流域全体で、雨水の**貯留・遊水・浸透**などの流出抑制を図り、かつソフトな防災対策を含んだ総合的な取り組みです。

流域治水では洪水抑制に加え、**氾濫をある程度許容**する一方で、被害を最小限にする**あらゆる方策**を講じます。樋井川の流域治水では、**治水対策を環境、福祉へとつながる地域づくり**としての広い概念で流域治水という用語を用いています。

滋賀県流域治水基本方針(案) (2011)

どのような洪水にあっても、①人命が失われることを避け（最優先）、②生活再建が困難となる被害を避けることを目的として、自助・共助・公助が一体となって、川の中の対策に加えて川の外の対策を、総合的に進めていく治水

ながす（河道内で洪水を安全に流下させる対策）洪水をできるだけ川の外へ溢れさせないよう河川や水路等を整備する対策。河道内に整備される洪水調節施設（ダムなど）も含む」

ためる（流域貯留対策）調整池，グラウンド，森林土壌，水田，ため池での雨水貯留など，河川や水路等への急激な洪水流出を緩和する対策」

とどめる（はん濫原減災対策）輪中堤，二線堤，霞堤，水害防備林，土地利用規制，建築物の耐水化など，河川や水路等の整備水準を超える洪水によりはん濫が生じた場合にも，まちづくりの中で被害を最小限に抑える対策」

そなえる（地域防災力向上対策）防災訓練や防災情報の発信など，避難行動や水防活動など即時的判断を伴う災害対応をより強化する対策」

国土交通省（2020）

河川，下水道等の管理者が主体となって行う**従来の治水対策に加え**，集水域と河川区域のみならず，氾濫域も含めて一つの流域として捉え，その河川の**流域全体のあらゆる関係者がさらに協働して流域全体で水害を軽減**させる治水対策

- ①氾濫水を減らす（粘り強い堤防，土地利用規制，水防など）
- ②流水をためる（既存ダムの有効活用，霞堤など遊水機能の強化・保全など）
- ③雨水を流域のあらゆる場所でためる（都市部内水対策，水田，ため池の利用など）

総合治水（都市化に対応する治水）

- 国土交通省は流域治水と総合治水の違いを

「都市部のみならず全国の河川に対象を拡大し，河川改修等の加速化に加え，流域のあらゆる既存施設を活用し，リスクの低いエリアへの誘導や住まい方の工夫も含め，流域のあらゆる関係者との協働により，流域全体で総合的かつ多層的な対策を実施する。」

- 環境への視点が弱い

熊本県 緑の流域治水（2020）

流域全体の総合力による“緑の流域治水”～生命・財産を守る安全・安心の最大化と環境への影響の最小化の**ベストミックス**～

国の流域治水

流域のあらゆる関係者との**協働**により、流域全体で**総合的かつ多層的な対策**を実施する。

緑の流域治水

流域全体の総合力による“**緑の流域治水**”

～生命・財産を守る**安全・安心**の最大化と**環境**への影響の最小化のベストミックス～

復旧・復興の進捗状況やその時々
の **地域の実情を踏まえ**、適宜、
プランの取組みの見直しを行い、
被災者のニーズを的確に捉えた取
組みを推進



イギリス natural flood management

- スコットランドのNatural Flood Management Handbook5

「気候変動・・・などの環境法はすべて、土地と水を管理するための**集水域ベースのアプローチ**への移行を必要としている。

集水域ベースのアプローチの重要な要素は、**自然のプロセスを使用**して洪水の水源と経路を管理することで、**海岸線を含む集水域**の洪水リスク軽減に役立つ可能性があるという認識である

1

Slowing water by increasing resistance to its flow - for example, by planting hedgerows and trees, blocking grips on moorland, installing woody debris dams or creating buffer strips.

2

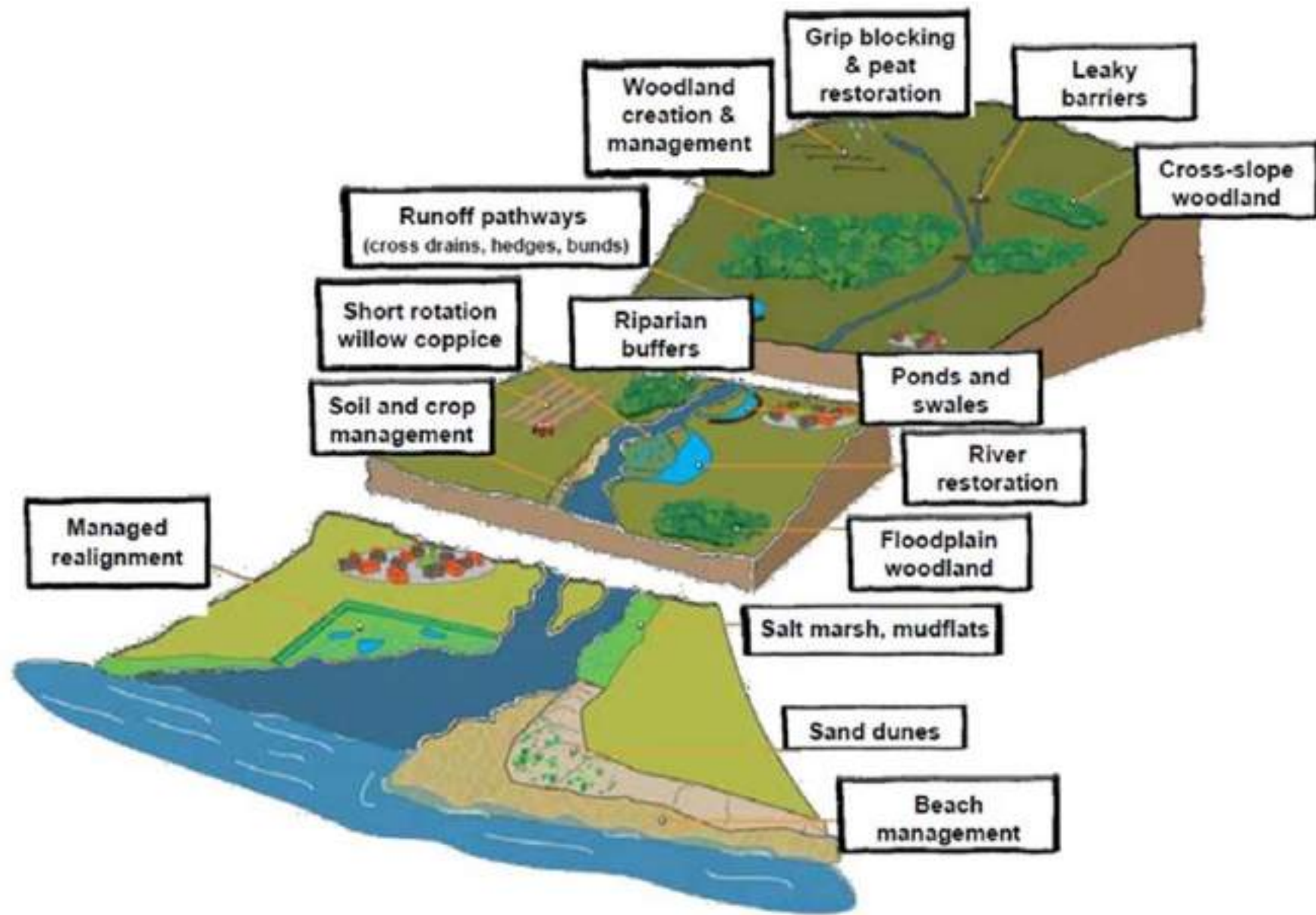
Storing water by creating and maintaining capacity in bunds, ponds, ditches, swales or floodplains so they fill during rainfall events and empty slowly over 12 to 24 hours.

3

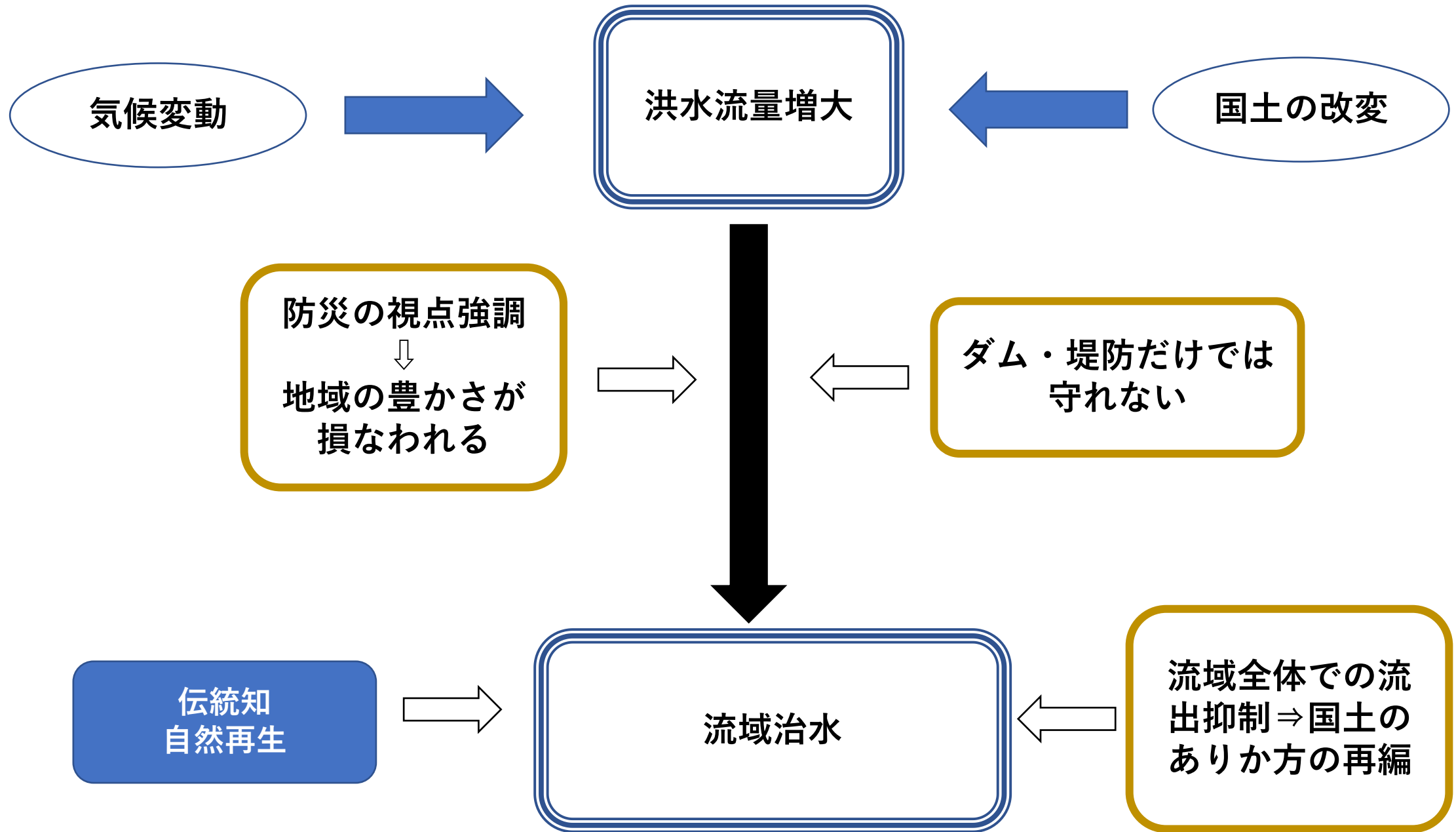
Increasing soil infiltration: Improving soil structure can increase the depth that water is absorbed to, significantly increasing the volume of water that can be stored in the soil. This will make saturation less likely, potentially reducing surface runoff.

4

Intercepting rainfall: Vegetation, especially tree leaves, intercept rainfall so it doesn't reach the ground. Water is then evaporated from the leaves, reducing the volume of flood water. Trees can reduce the amount of water reaching the ground by 25 – 45 % for conifers and 10 – 25 % for broadleaves¹.



ADDITIONAL BENEFITS



気候変動

洪水流量増大

国土の改変

防災の視点強調

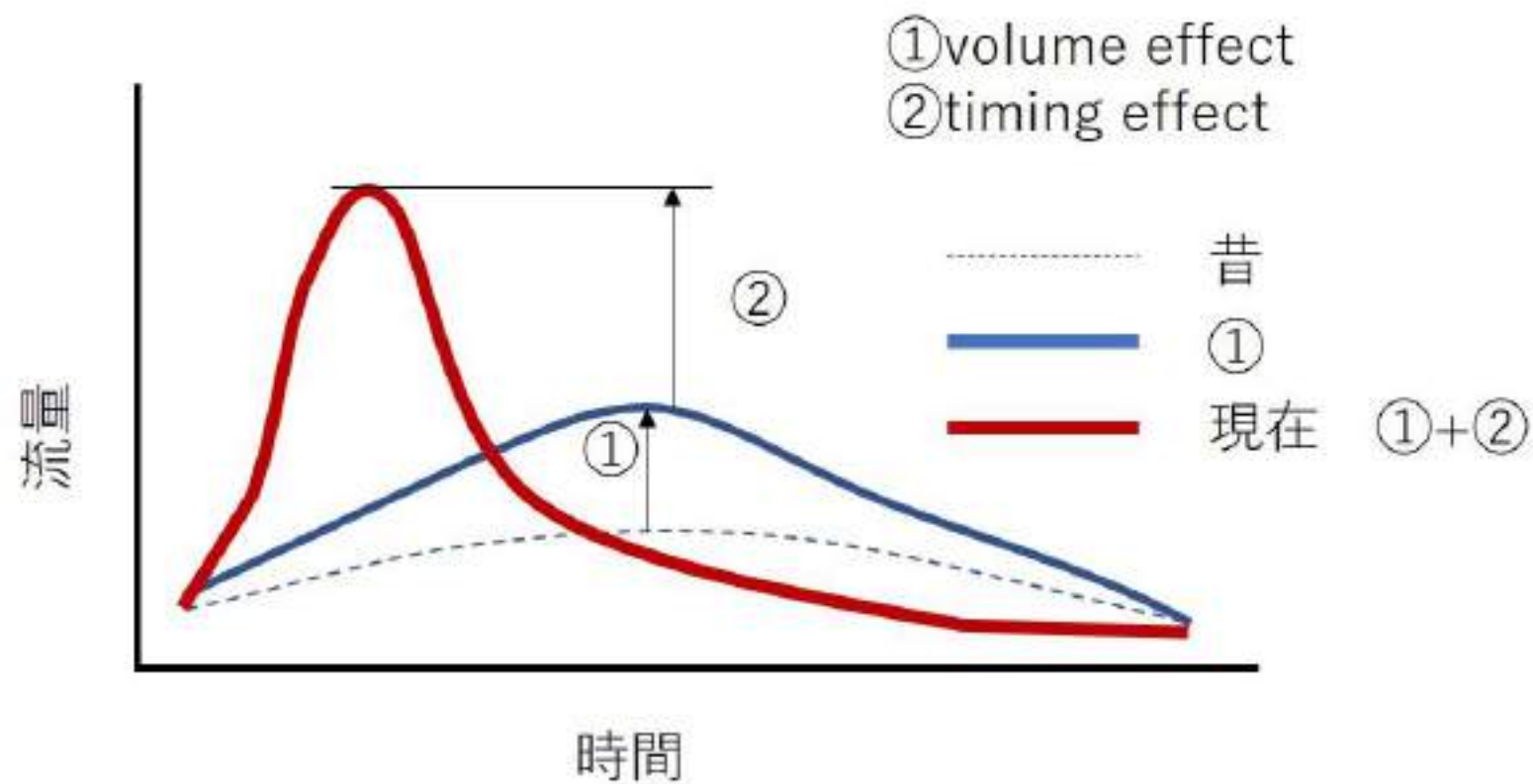
↓
地域の豊かさが
損なわれる

ダム・堤防だけでは
守れない

伝統知
自然再生

流域治水

流域全体での流出抑制⇒国土のありか方の再編

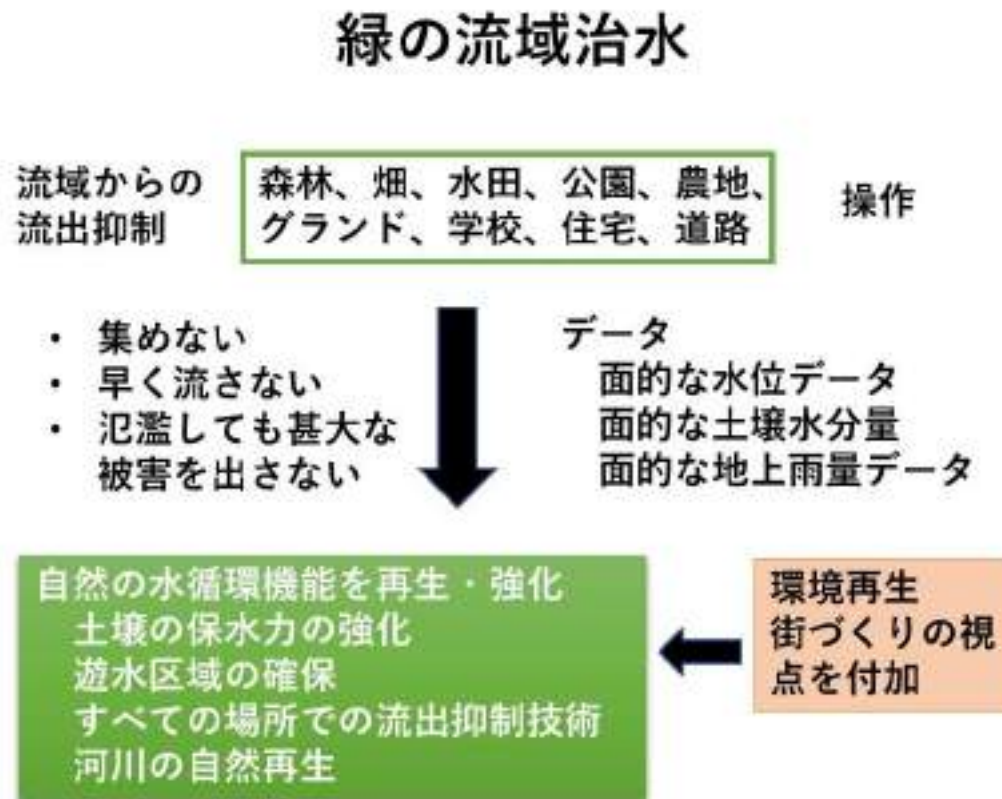
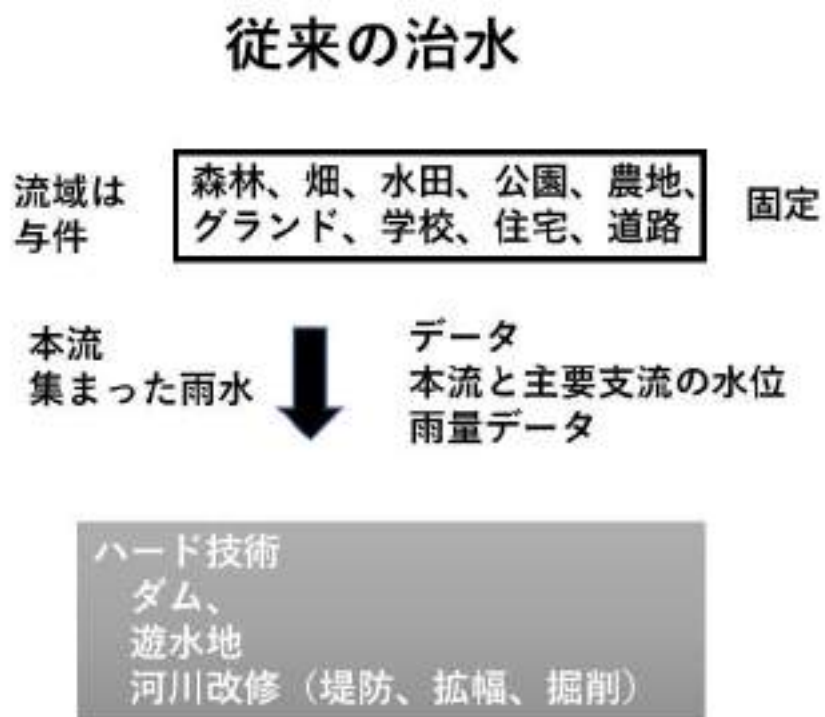


都市化 流出變化

wollesh (1989) 加筆

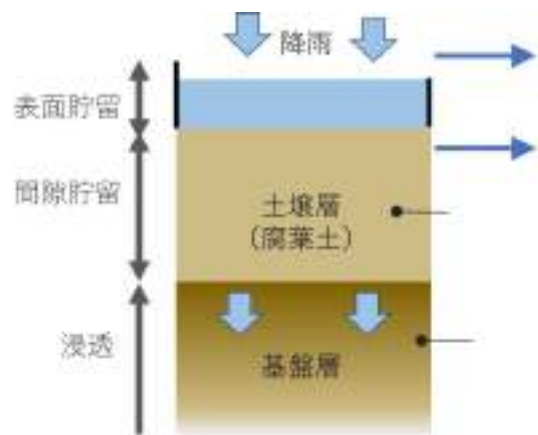
論点1 多面的な価値を持つ流域治水に展開できるか

- 持続的な社会⇒治水投資が単に洪水防御のみを目的とせず⇒環境、社会、経済などへの多様な波及効果
- 本来治水＝リスク低減＋恵み最大化



論点2 流域のハード手法

流出抑制技術



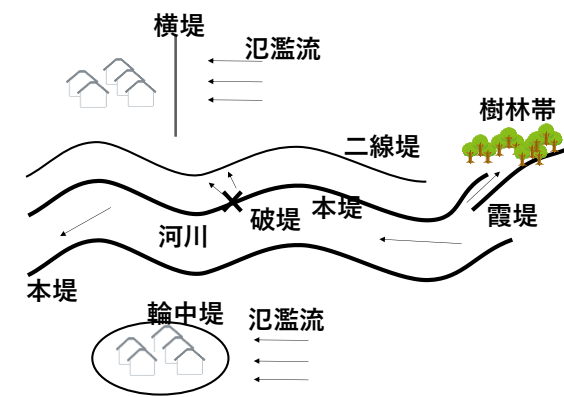
ゆっくり流す
貯留する
浸透させる
蒸発散を増やす

- 山地
- 溪流
- 道路
- グランド、公園
- 水田、用排水路
- 平地河川
- 土壤
- 建築地

氾濫流コントロール技術

- 氾濫地域の限定
- 氾濫流の流速低減
- 氾濫域の水深低減

モデル小流域を対象とした手法開発



土地利用コントロール技術

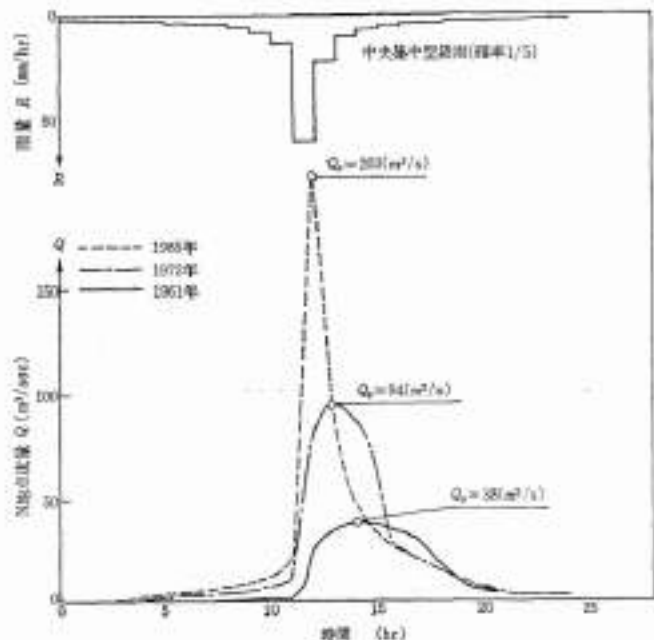
- 耐水建築
- 誘導策
- 土地利用規制

論点3 従来型の治水手法との折り合い

- 流域治水的手法でどの程度の流出抑制ができるのかは未知数
- 従来型の手法を含めたベストミックスが重要

論点4 流域治水から国土再編

1/5 降雨 都市化によって5.8倍 シミュレーション



(a) その1

山口高志, 吉川勝秀, 角田学: 都市化流域における洪水災害の把握と治水対策に関する研究, 土木学会論文報告集(313), 75-88, 1981

1/50 降雨 都市化によって2.7倍 大栗川

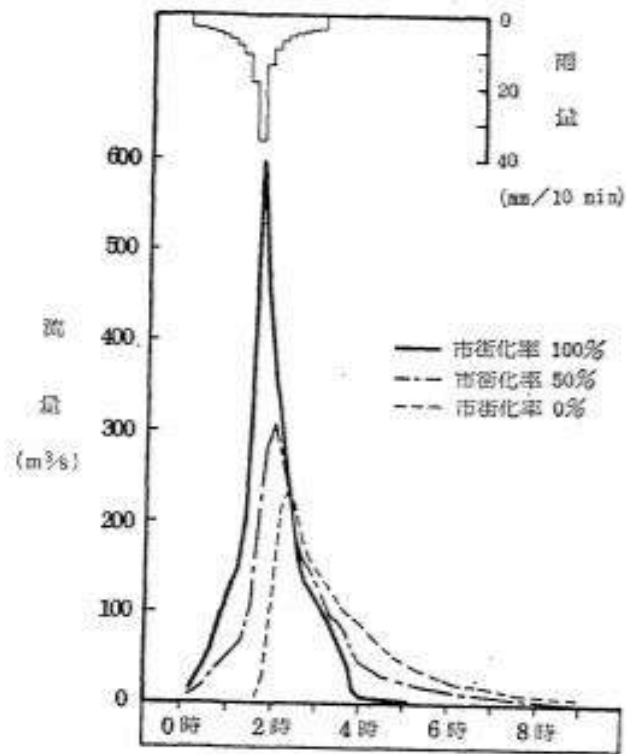


図-22 都市化による洪水流出の変化 (1/50 確率降雨)

鮭川登, 北川善廣: 都市化流域の洪水流出モデル. 土木学会論文報告集, 1982(325), 51-59, 1982

圃場整備について

- 圃場整備については、いくつかの研究があるが、水路網の整理が流出増を起こしているようだ。研究が少ない。

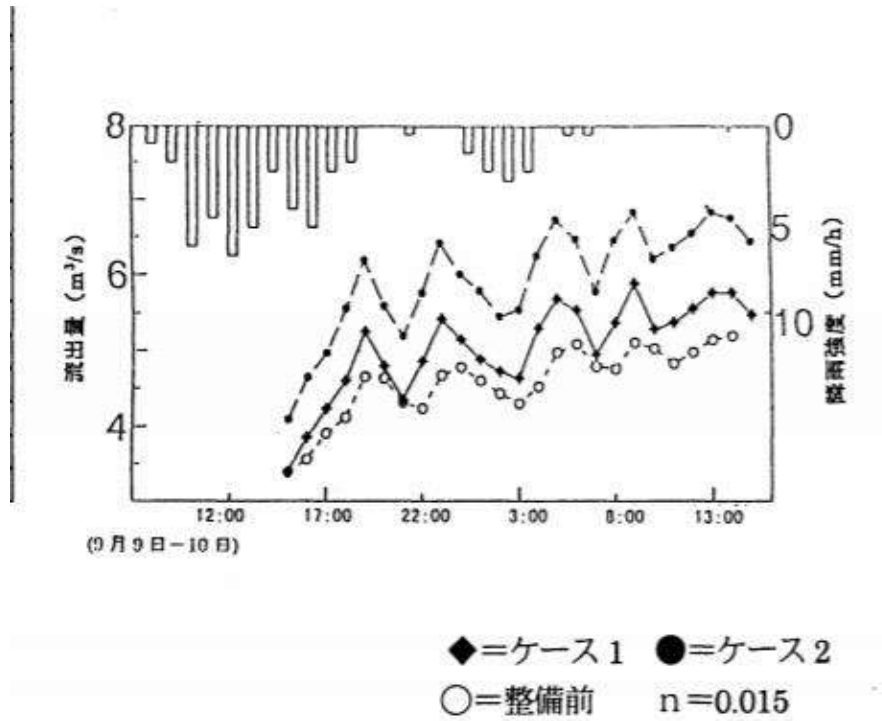


図-18 流出予測結果

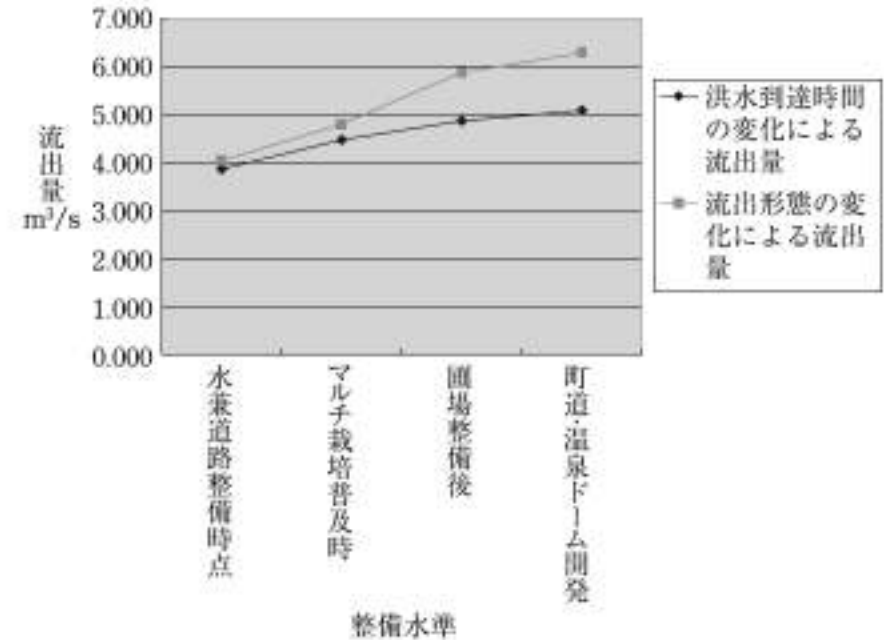


図-2 流出量の変化

長谷部正彦, 鎌田清孝, & 葛生光晴. (1999). 低平地における水田流出解析と圃場整備による流出変化の予測について. 土木学会論文集, (628), 41-54.

前田勉: 総合治水対策による農業農村整備の排水影響の低減について, 農業農村工学会誌, 77(11), 885-888. 2009.

大河川において国土変貌が流出にどのような影響を与えているのかはまだ明らかにされていないが、流出を抑制する方向にはいっていないことは確か。

現状

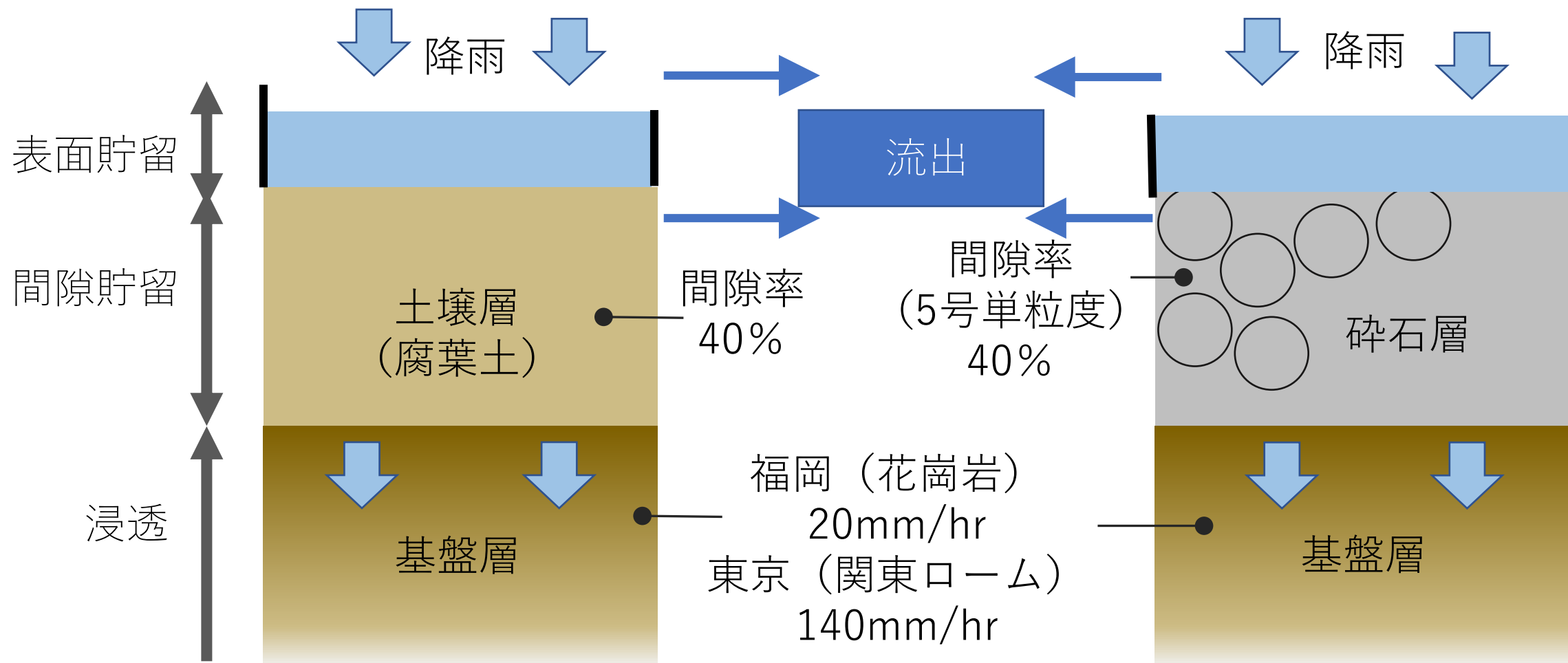
早く流す
貯留⇒場所による
浸透させる⇒浸透量減る
蒸発散を増やす⇒山以外は減っている

将来

ゆっくり流す
貯留する
浸透させる
蒸発散を増やす



オンサイト 流出抑制施設の流出抑制計算手法



昭島つつじが丘ハウス

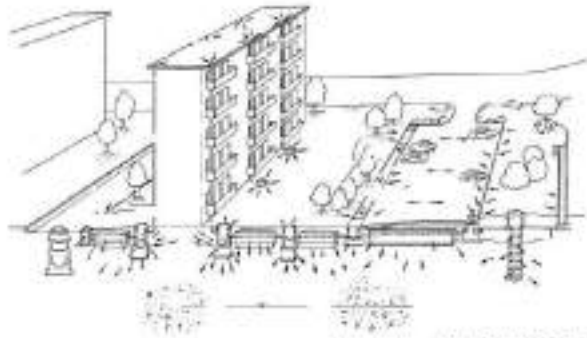


図 1-3-2 流出抑制施設概念図



砕石空層貯留透

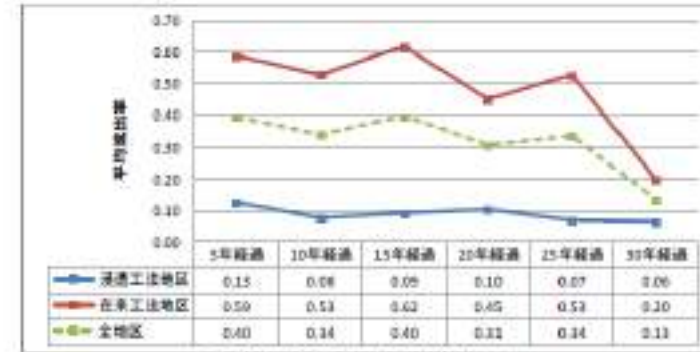


図 2-4-1 平均流出率の経年変化
(経過5年単位・25年経過後は在来地区に浸透施設導入)

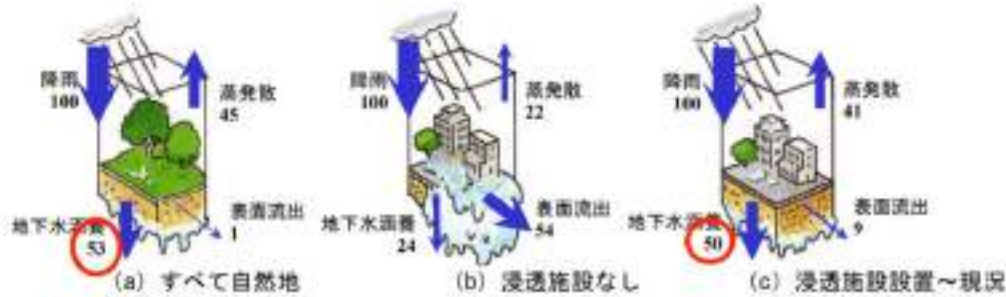


図 3-2 浸透工法地区の年間水収支比較 (2000年の降雨量を100として)

表 2-4-2 平均ピーク流出高・ピークカット率の経年変化
(経過5年単位・25年経過後は在来地区に浸透施設導入)

	平均ピーク時雨量 (mm/30min)	平均ピーク時流出高 (mm/30min)		平均ピークカット率	
		浸透工法地区	在来工法地区	浸透工法地区	在来工法地区
5年経過	10.54	1.97	6.47	0.19	0.61
10年経過	11.39	1.59	6.08	0.15	0.53
15年経過	9.39	2.14	6.16	0.23	0.67
20年経過	9.82	2.37	5.36	0.24	0.55
25年経過	8.86	1.36	5.99	0.15	0.68
30年経過	10.46	1.62	3.18	0.16	0.30

里見達也. "都市再生機構における雨水貯留浸透施設の研究開発と到達点-雨水貯留浸透施設の30年経過における流出抑制効果." *流域圏学会誌= Journal of Japan Society of Water Policy and Integrated River Basin Management* 2.1 (2013): 15-21.

あめにわ憩いセンター（樋井川流域）



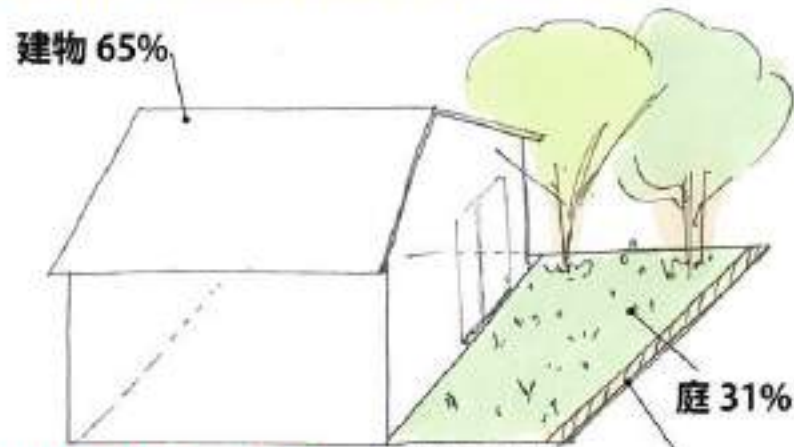
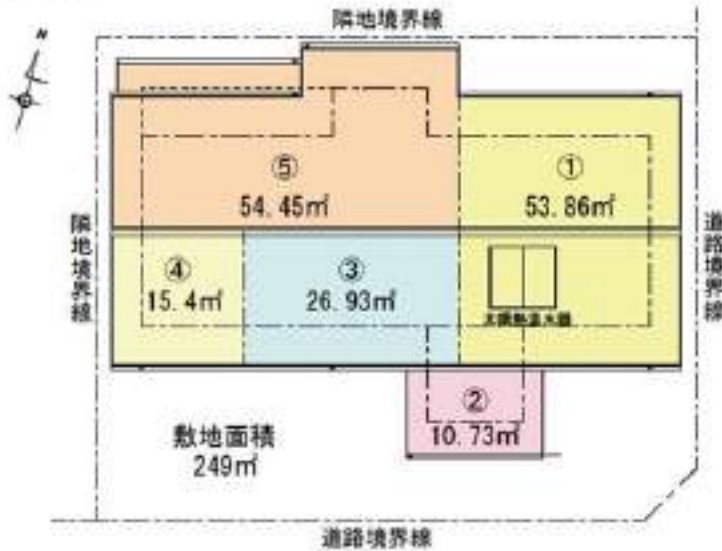
敷地のデザイン技術：日本庭園風



敷地のデザイン技術：1戸建てで魅力的にしても効果あり！！

■改変前

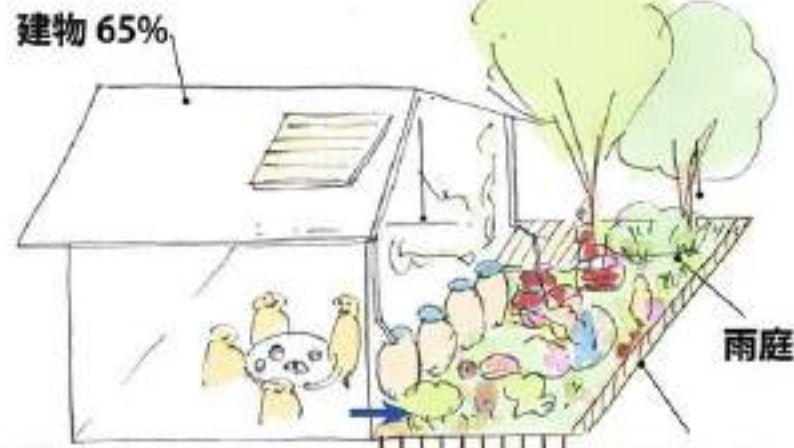
敷地面積 249 m² (198mm 降雨時：49 m³)



流出率 70% (34 m³)

浸透 14.8 m³ 駐車場 4%

■計画案



流出率 27% (13 m³)

浸透 36 m³ 駐車場 4%

豪雨時に流出抑制・遅延の効果を確認 (2018年7月 西日本豪雨時)

費用
流出抑制量
1 m²あたり7.7万円
(計163万円)

店舗 樋井川テラス



実装イメージ



実装前の様子



砕石層整備後

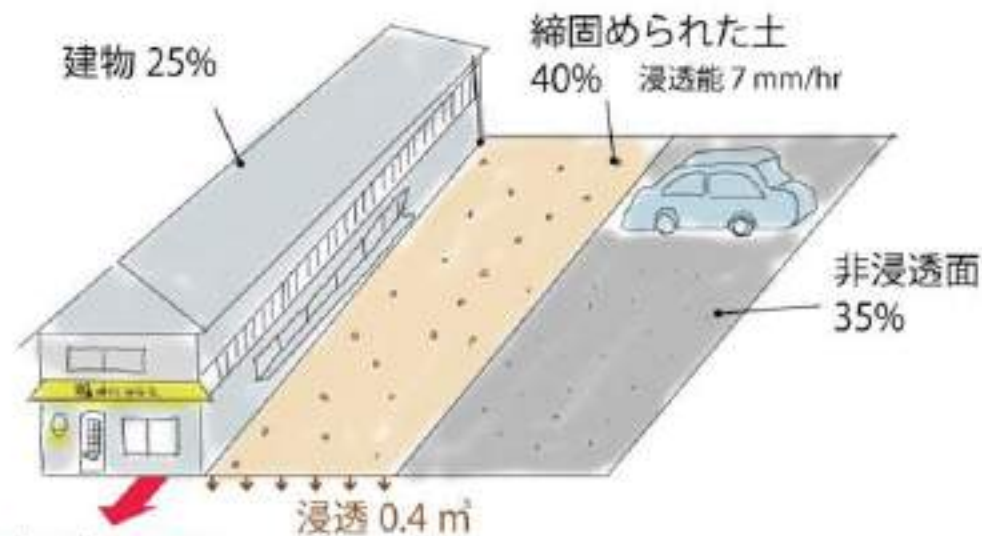




■ 改変前



敷地面積 144 m² (100mm 降雨時 : 14.4 m³)



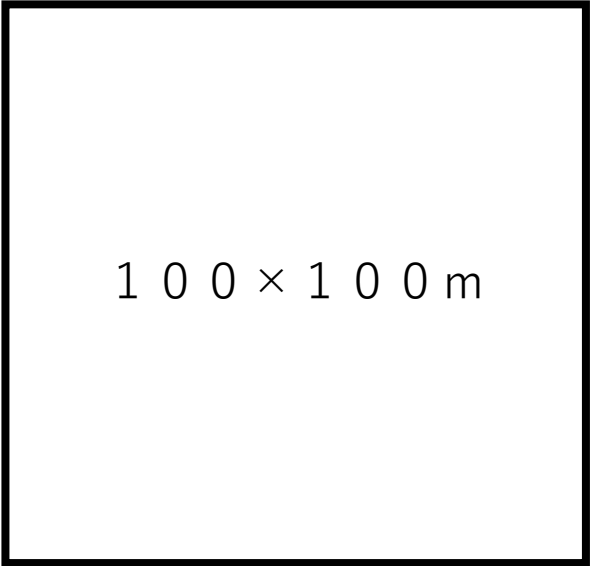
流出率 97%
(14 m³)

■ 計画案

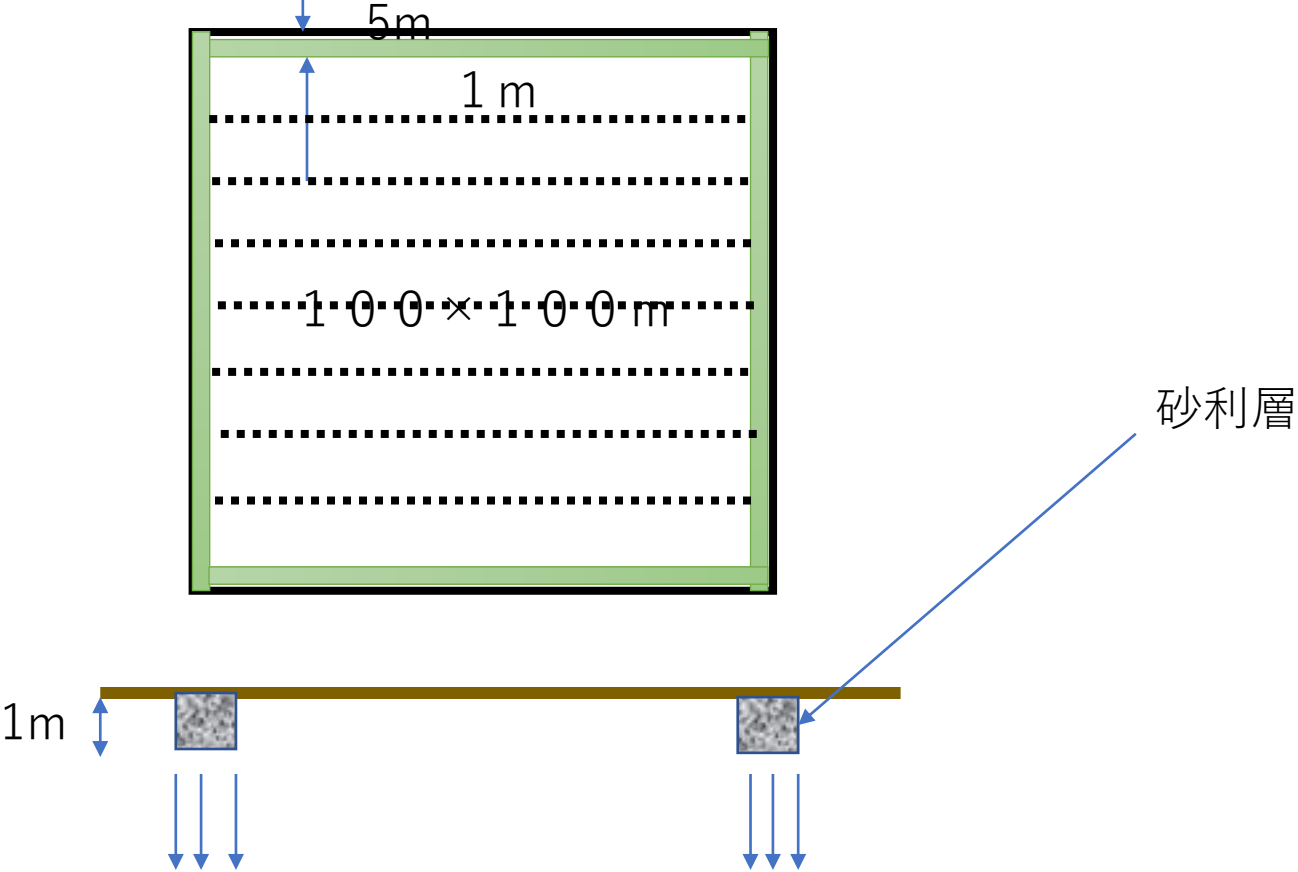


流出率 46%
(6.7 m³)

例えば グランドからの流出抑制



ここに時間雨量100 mmの雨が降ると、1時間で1000m³
1秒当たり0.28m³/s



貯留 $95 * 5 * 4 * 0.4 = 760 \text{ m}^3$
 浸透 $(95 * 4 * 5 + 95 * 8) * (0.02 \sim 0.14) = 66 \sim 372 \text{ m}^3 / \text{m}^2$

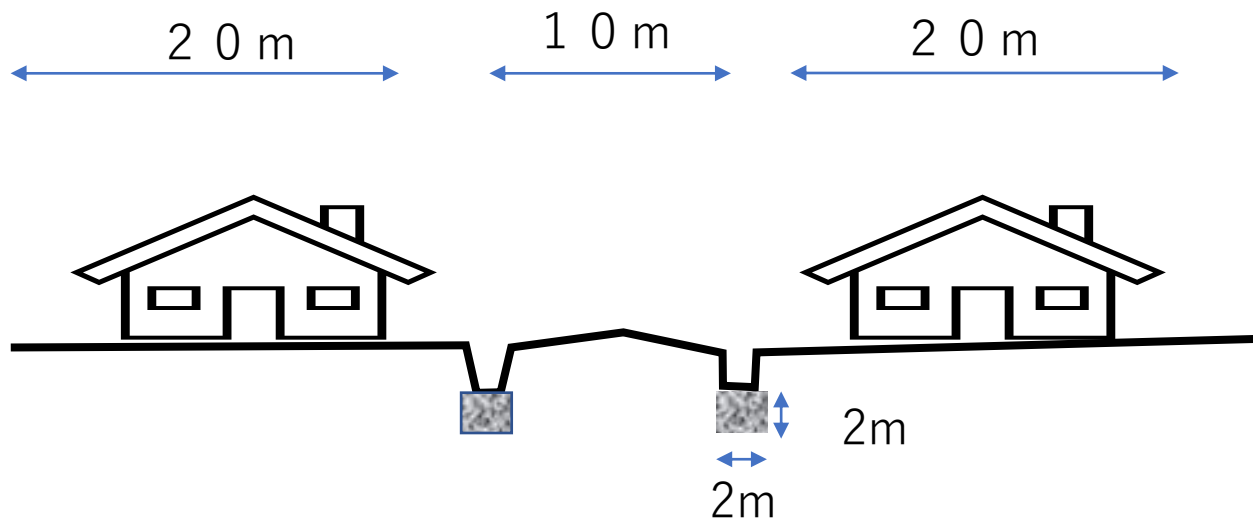


これまでの校庭貯留
雨の時使えない



浸透型あまみずグラウンド
雨の日も使える

例えば 道路からの流出抑制

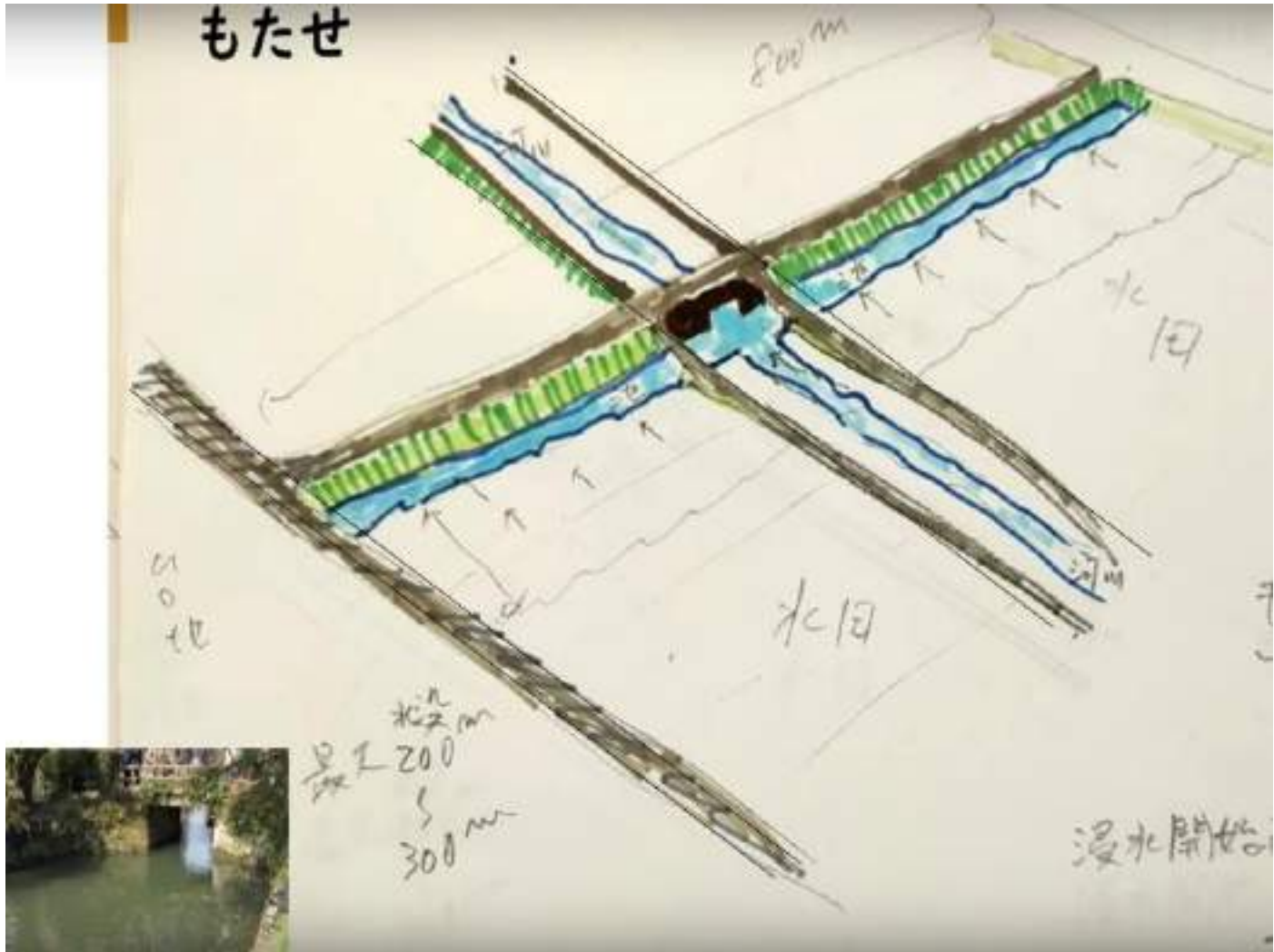


延長 1 k m ここに時間雨量100 mmの雨が降ると、1時間で
 5000m^3
 1秒あたり $1.39\text{m}^3/\text{s}$

貯留 $4*2*0.4*1000=3200\text{m}^3$
 浸透 単純に底面からのみの浸透を考慮 浸透速度 $0.02\sim 0.14\text{m}/\text{hour}$ 4m^2 なので
 1時間 $80\sim 560\text{m}^3$



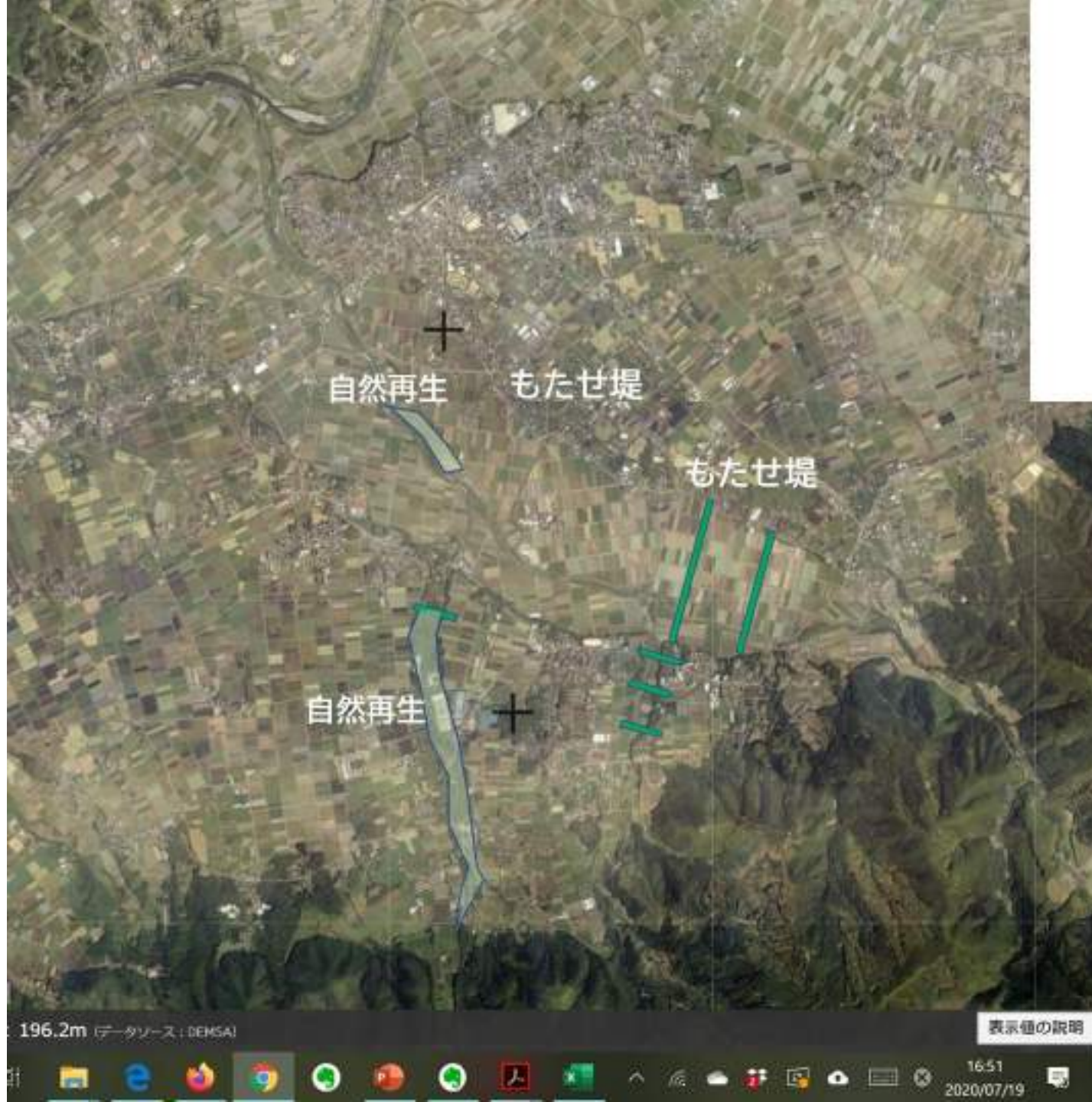
例3 水田への溢水 Diovista

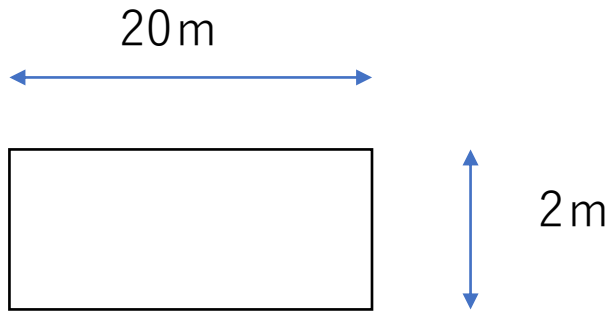




例えば
免田川に導
入したら？

概略検討



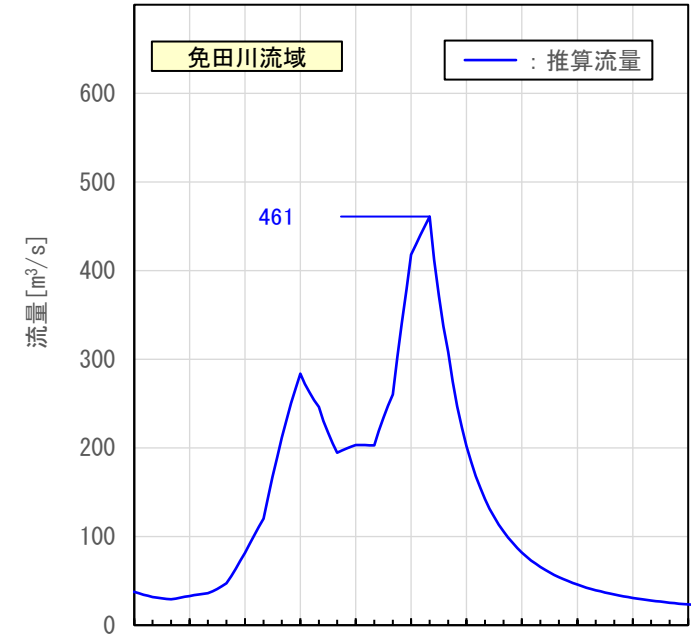
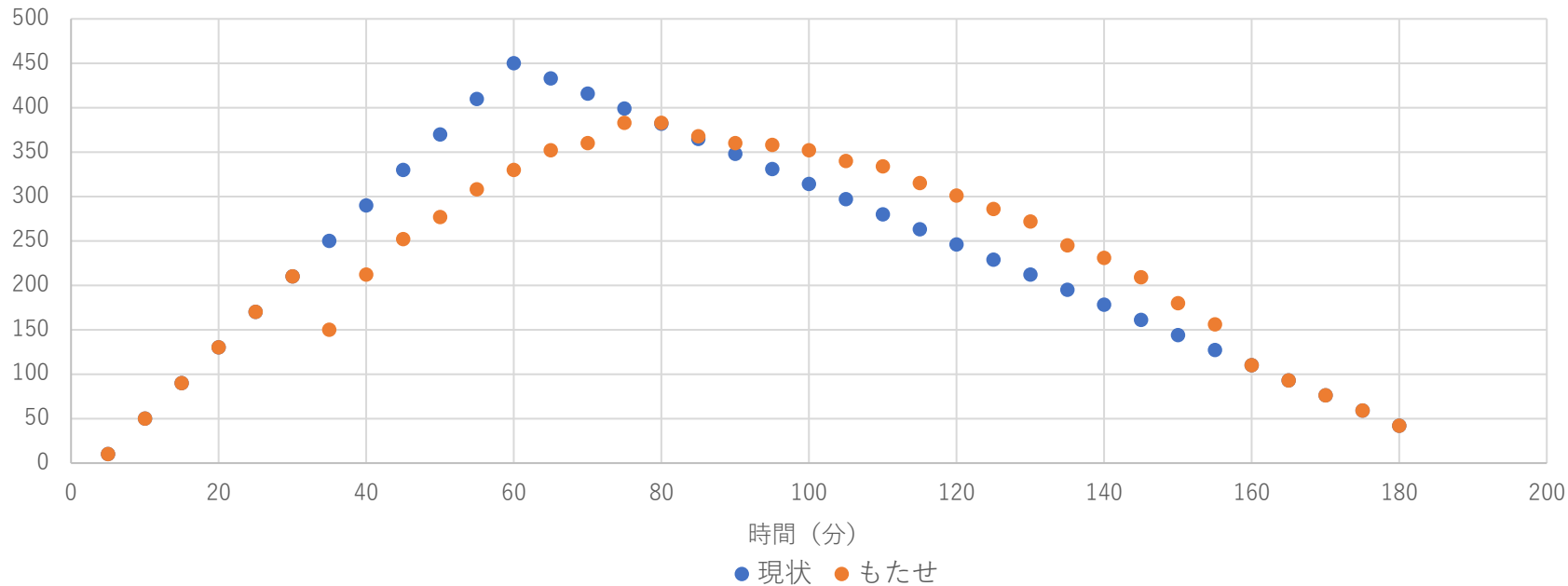


河川幅 40m
水深2m

2mまでマンニング $V = 1/n * R^{2/3} * |^{1/2}$

2m以上 オリフィス $V = C * \text{SQRT}(2g(h-1))$

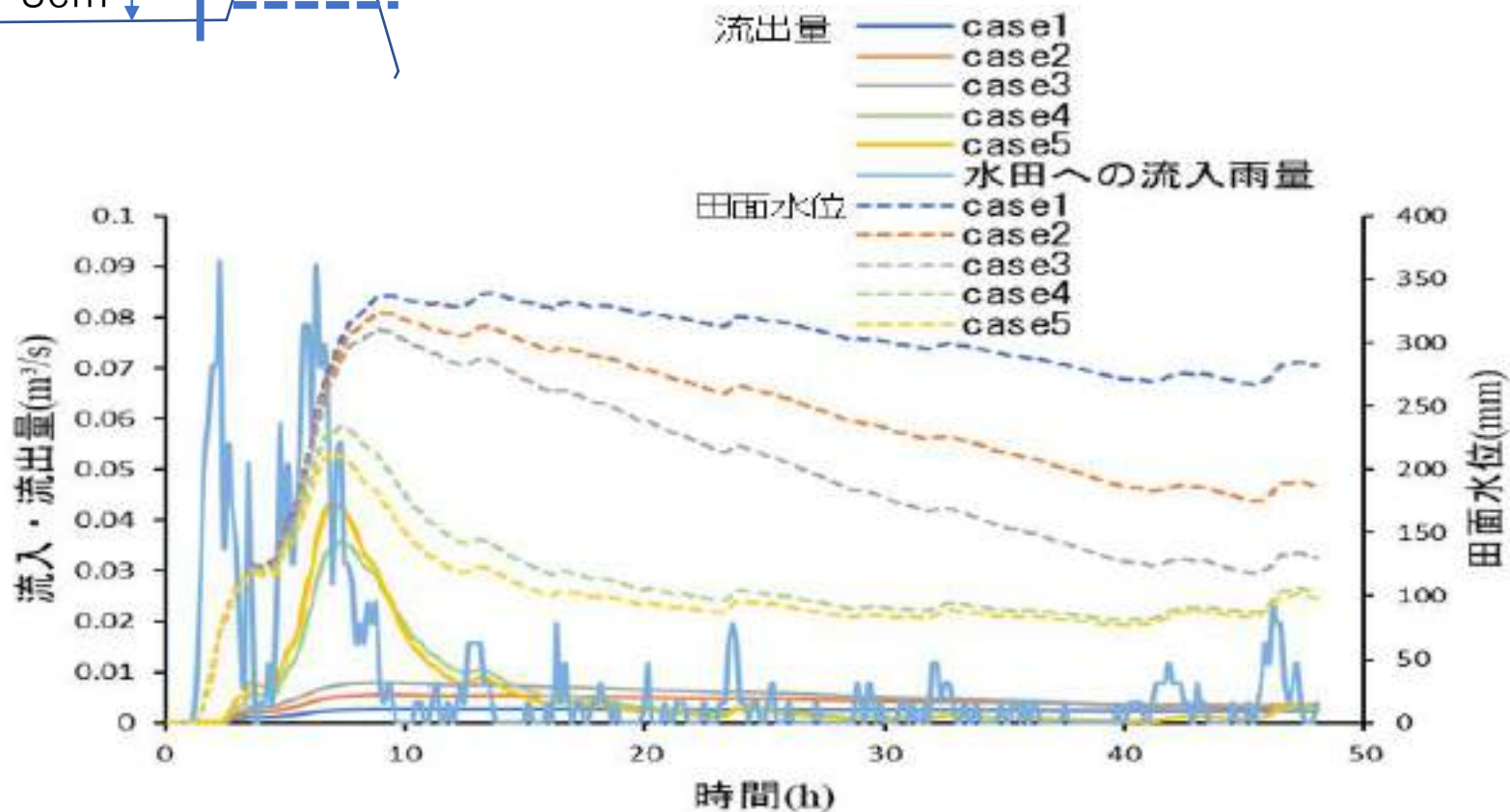
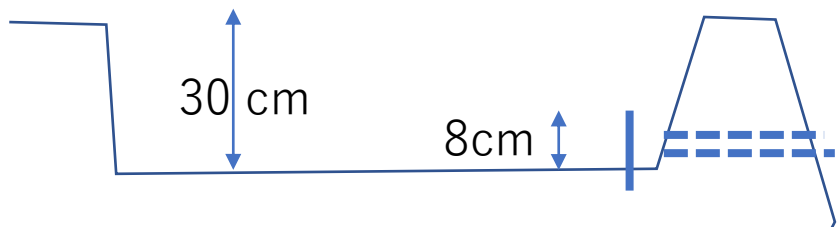
もたせ



1つのもたせでピーク 6 7
m³/sカット
時間 ピーク時間15分遅
れ

田んぼダム 流出孔の調整で確率規模への対応を変えることは可能

機能分離型（灌漑機能と洪水調節機能）にする必要性（吉川、新潟大学）



00年確率の水田1枚からの流出量と田面水位 阿蘇を対象に（研究途上 皆川研）

山地溪流の復旧

粗度を小さくしない（巨石の存置、蛇行、step&pool）、川幅を広げる、
浸透域を拡大



林地

- 鹿害 ⇒ 土壌流亡
- 鹿害が起こった場所に山腹保全工

本流対策:本流での河道貯留、氾濫原への溢水

- 河川域の拡大
- 浅く流す
- 堤防の除去
- 霞堤
- 水害防備林

氾濫流のコントロール

- ・ 氾濫域の限定：どこで氾濫させ、どこでとどめるか
- ・ 流速の低減
- ・ 水深の低減

氾濫流の抑制

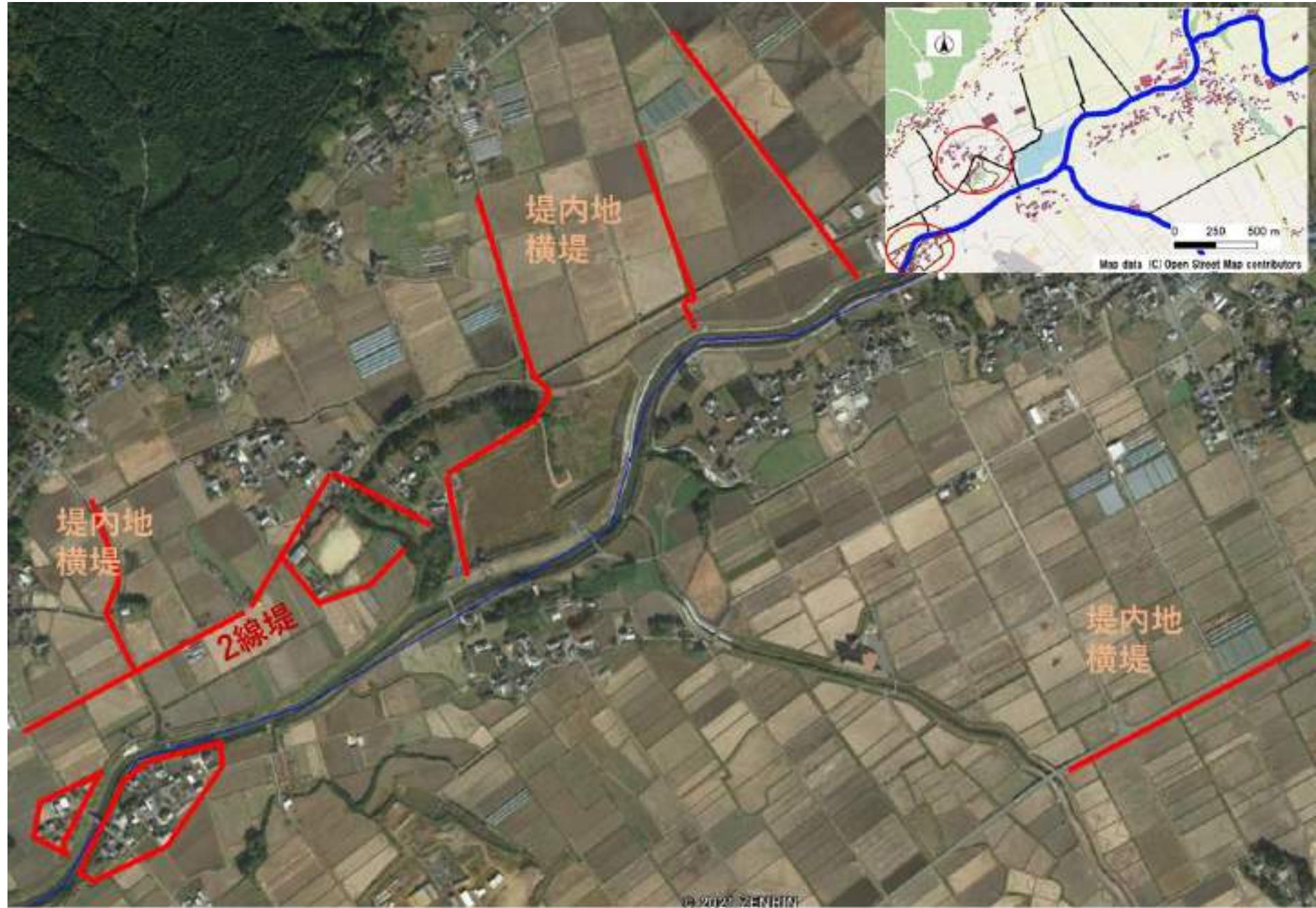
Case 1 1/300

← 0.1-0.5 ← 0.5-1.0 ← 1.0-1.5 ← 1.5-2.0 ← 2.0-2.5 ← 2.5-

流速(m/s)



熊本大学 皆川研

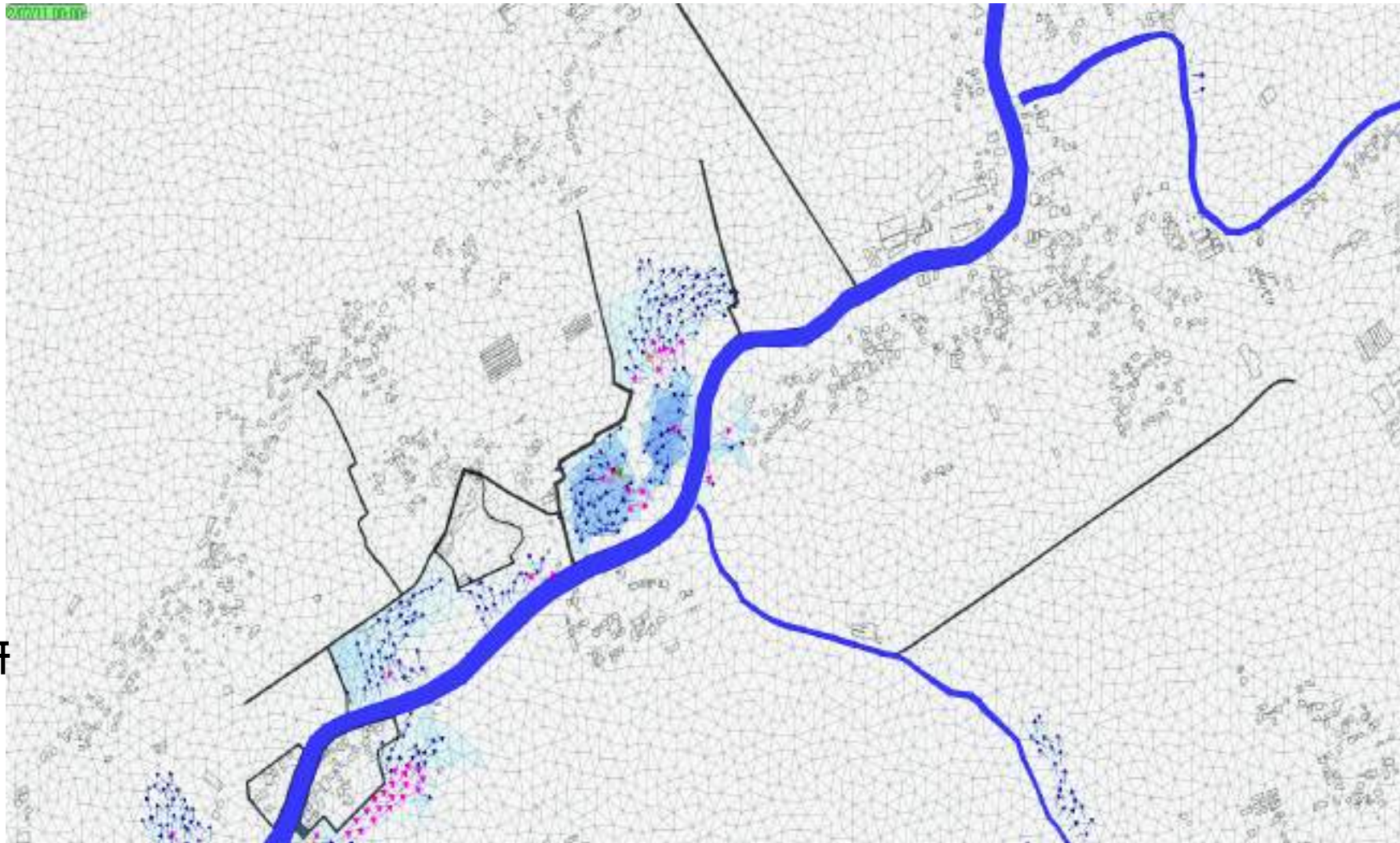


既存道路を活用

(Google earthより作成)

Case 4-2 1/300

流速(m/s) ← 0.1-0.5 ← 0.5-1.0 ← 1.0-1.5 ← 1.5-2.0 ← 2.0-2.5 ← 2.5-



熊本大学 皆川研

**二線堤、輪中堤→集落の浸水被害は回避することができるが
上流域では浸水域・浸水深は大きくなることから上下流バランスの検討が必要**

おわりに

流域と支流の関係は今後の課題

支流ごとの対策案の検討

要素技術の開発と現地での実証

ガイドライン

技術の開発に対応した、**計画の柔軟な変更**

下流の流量を増やす取り組み（**過剰な河道掘削、流路工、河道整正**）は、極力避ける

地域づくりの視点、**環境保全、地域との協働**にも万全の注力を